



UDK: 631.354.2

## KVALITET RADA SILAŽNOG KOMBAJNA FORTSHRITTE-286

**Nebojša Stanimirović<sup>\*</sup>, Ranko Koprivica, Biljana Veljković<sup>\*\*</sup>,  
Goran Topisirović<sup>\*\*\*</sup>**

*<sup>\*</sup>Poljoprivredni fakultet Priština - Zubin potok*

*<sup>\*\*</sup>Agronomski fakultet - Čačak*

*<sup>\*\*\*</sup>Poljoprivredni fakultet - Beograd*

**Sadržaj:** U radu su prikazani rezultati kvantitativne i kvalitativne analize biljaka zastupljenih hibrida kukuruza. Biljke kukuruza za kvantitativnu i kvalitativnu analizu su ručno odsecane i usitnjavane na oko 5 mm. U svakom od navedenih delova uzorka određen je sadržaj suvih materija. Kvalitativnom analizom određivan je sadržaj sirovih proteina, sirovih masti, sirove celuloze i sirovog pepela, a računskim putem određene su vrednosti za BEM i metabolička neto energija. Pored toga izvršena su još i merenja: visine biljaka, debljine stabla, visina klipa, broj biljaka, prinos po hektaru, brzina kretanja, visina reza, vreme utovara prikolice, težina prikolice, propusna moć i učinak kombajna. Posebno su mereni gubici iseckane mase pri utovaru u transportno sredstvo.

Ispitivani hibridi kukuruza u stablu do visine od 20 cm sadrže 83,34% vlage i najmanje neto metaboličke energije, svega 1,47 MJ/kg u odnosu na ostali deo biljke sa 3,53 MJ/kg. Postoji visoka korelaciona zavisnost između brzine kretanja i visine reza. Zaključeno je da kombajniranjem ne treba ograničavati radnu brzinu zbog gubitaka na povećanu visinu reza. Povećanje visine reza sa 12-20 cm povećala bi se radna brzina, protok mase i učinak kombajna. Transportna sredstva moraju imati veliku zapreminu utovarnog prostora jer su manji gubici pri utovaru i transportu. Ostvarenom dužinom seckanja kombajn je zadovoljio tehnološke zahteve.

**Ključne reči:** *silaža, silažni kukruz, sastav, gubici, metabolička energija, silažni kombajn, transport.*

### UVOD

Prema mnogim istraživanjima siliranje se pokazalo kao najbolji postupak spremanja većih količina kvalitetne i jeftine stočne hrane, za duži period, kabastih hraniva za ishranu preživara, a posebno krava muzara i tovnih junadi. Prednosti siliranja u odnosu na druge načine konzerviranja su mnogobrojne. Silaža kao visokovredna stočna hrana može se spremati od biljaka koje daju visoke prinose (kukuruz, sirak, suncokret i travne

smeše), ali od biljaka od kojih se ne može spremati seno (kelj, kupus, tikve). Za spremanje silaže se mogu iskoristiti i sporedni proizvodi ratarske proizvodnje ili prehrambene industrije. Njena prednost je takođe u tome što zauzima malo mesta pri skladištenju ( $1 \text{ m}^3$  600-800 kg), a i vreme njenog čuvanja je skoro neograničeno.

Kao materijal za siliranje najzastupljeniji je kukuruz. Za to postoji više razloga:

- Raspoloživi hibridi daju visoke prinose, pa i na malim površinama može se obezbediti dovoljna količina kvalitetne stočne hrane.
- Bogat je ugljenim hidratima pa se lako silira bez posebnih dodataka.
- Tehnologija proizvodnje silažnog kukuruza ista je kao i proizvodnja za zrno sve do momenta žetve dobro je poznata proizvođačima.

U savremenim uslovima, efikasno i ekonomično ubiranje i pripremanje krmnih kultura za ishranu stoke, nezamislivo je bez primene odgovarajućih visoko produktivnih mašina, koje se razlikuju po konstrukciji, kapacitetu i kvalitetu rada. Zbog toga je cilj ovog rada da ispitamo eksploatacione karakteristike i kvalitet rada silažnog kombajna "Fortschritt E 286" pri ubiranju silažnog kukuruza.

Za prihvatanje ubrane i iseckane mase kombajna i transport do silo objekta treba obezbediti veliki broj odgovarajućih transportnih sredstava. Ona moraju biti pogodna za transport ove vrste materijala jer se pri utovaru i transportu javljaju gubici.

## PREGLED LITERATURE

Eksploatacionim istraživanjima samohodnih silo kombajna bavili su se mnogi autori, a mi navodimo rezultate samo nekih od njih.

Lulo (8) je ispitivao silo kombajn New Holland 818 sa motorom od 58,88 kW za pogon radnih delova i ustanovili prosečan učinak od 15,4 t/h efektivnog rad pri brzini kretanja od 4,14 km/h u prinosu mase od 45,6 t/ha. Isti autor navodi da je silo kombajn Zmaj-Hesston 7550 ostvario propusnu moć od 7,76 kg/sec, odnosno 28 t/h efektivnog radnog vremena.

Gašparac (1) je u ispitivanjima samohodnog silažnog kombajna Toron SPS-35 sa četvororednim adapterom za kukuruz dobio stvarni učinak u toku cele sezone od 28,1-68,6 t/h, a tehnički 36,2-98,8 t/h pri brzini 5,85-9,8 km/h. Sa adapterom za nisku - travnu silažu postignut je učinak 27,3-48,6 t/h, odnosno 2,1-3,7 ha/h, pri visini rezanja od 5,6-8,2 cm. Isti autor je za kombajn John Deere 5400 sa nominalnom snagom motora 156,03 kW utvrdio prosečan učinak od 54,72 t/h.

Popović (11) je ispitivao silažni kombajn Zmaj-350 sa motorom snage 125 kW i sa brzinom od 6-7 km/h postigao učinak od 60,3-66,7 t/h, a pri brzini od 7,5 km/h učinak 75,2 t/h

Milojević (9) je ispitivao pet samohodnih silo kombajna. U toj konkurenciji najveći učinak u osmočasovnoj smeni postigao je kombajn Farmhand F-600 od 213 t, pri prosečnoj brzini rada 5,11 km/h. Kombajn Dania i Klaas-Jaguar sa istom širinom radnog zahvata ali zbog manjih radnih brzina od 3,67 km/h i 3,60 km/h ostvarili znatno niže učinke od 150,37 t i 157,00 t za smenu. Od svih ispitivanih kombajna, kombajn Fortschritt je imao najveći radni zahvat 2,45 m, ali zbog malih brzina od 2,34 km/h ostvario je samo 117,58 t za smenu od osam sati rada ili 14,70 t/h. Gubici mase pri ubiranju kod ovog kombajna su 0,18%, a gubici pri utovaru u tarnsportno sredstvo 4,68% od prosečnog prinosa.

U ispitivanjima Tanevskog (12) ovaj kombajn je ostvario najveću propusnu moć od 30,28 t/h pri brzini od 7,02 km/h i visini košenja 24,3 cm., a najmanja propusna moć 21,09 t/h i brzinom 4,21 km/h pri visini rezanja od 20,8 cm. Prosečan učinak za osmočasovnu smenu rada je 207,8 t, pri brzini 5,48 km/h i propusne moći od 25,97 t/h.

Novaković i sar. (10) ispitivali su silažni kombajn Fortschritt E-281 u spremanju travne silaže i pri brzinama od 4 km/h ostvario učinak 0,6 ha/h, a propusnu moć 7,2 kg/sec. Isti je kombajn u spremanju silaže od cele biljke kukuruza postigao učinak od 0,3-0,4 ha/h i propusnu moć do 7,5 kg/sec pri radnim brzinama 3-3,5 km/h.

Howe (6) smatra da su samohodni kombajni rentabilni ako ostvare učinak od 0,9 ha/h.

Ištvan (2) ističe da donji delovi kukuruzne biljke između 4-5 internodije nemaju skoro nikakvu hranljivu vrednost, jer sadrže 40% celuloze i 13-17% lignina. Sadržaj vode u ovom delu stabljike je preko 80%. Radi toga autor zaključuje da je silažni kukuruz potrebno kositi na većoj visini čak i do 30 cm.

Koprivica i sar. (7) su ispitivali ovaj kombajn u spremanju travne silaže i zaključili da je ostvario vrlo mali učinak od svega 0,76 ha/h i 6,61 t/h pri brzini rada od 2,16. Kod povećanja brzine od 2,83 km/h kombajn je ostvario propusnu moć od 9,02 t/h i 0,95 ha/h.

## METOD RADA

Ispitivanja su obavljena na parcelama koje su bile skoro pravilnog pravougaonog oblika, ravne ili blago nagnute. Na ovim parcelama bila su zastupljena dva hibrida ZP 42 A; i ZP 704. Zakorovljenost parcele bila je neznatna, a vlažnost zemljišta u granicama optimalnog.

U okviru ispitivanja izvršena je kvantitativna i kvalitativna analiza biljaka zastupljenih hibrida kukuruza. Biljke kukuruza za kvantitativnu i kvalitativnu analizu odsecane su ručno, neposredno iznad zemlje. U laboratoriji su odsecani delovi biljaka: do 12 cm, od 12-20 cm, zatim deo stabla sa lišćem do klipa, ostatak sa klipom do vrha i posebno klip sa komušinom. Nakon toga za dalju analizu delovi biljaka su ručno usitnjavani na oko 5 mm. U svakom od navedenih delova uzorka određen je sadržaj suvih materija.

Kvalitativnom analizom određivan je sadržaj sirovih proteina, sirovih masti, sirove celuloze i sirovog pepela prema Weendecistemu. Računskim putem određene su vrednosti za BEM i metabolička neto energija.

Pored toga izvršena su još i merenja: visine biljaka, debljine stabla, visina klipa, broj biljaka, prinos po hektaru, brzina kretanja, visina reza, vreme utovara prikolice, težina prikolice, propusna moć i učinak kombajna.

Gubici pri utovaru iseckane mase u transportno sredstvo, utvrđivani su hvatanjem materijala van prikolice, pomoću folije postavljene na posebnim držačima oko cele prikolice. Nakon punjenja prikolice masa se sakuplja, meri i iskazuje kao gubitak po prikolicu. Dobijeni podaci su statistički obrađeni standardnim metodama.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Prosečni podaci o stanju silažnog kukuruza u momentu kombajniranja pokazuju da se visina biljaka kretala u rasponu od 2208-2406 mm, visina klipa 752-862 mm, prečnik stabla na visini košenja 22,40-23,20 mm. Broj biljaka po hektaru kretao se od 56042-57156, a prinos od 29708-31198 kg/ha, pri vlažnosti od 68,80-71,05%.

U trogodišnjim istraživanjima za ocenu kvaliteta rada ispitivani su sledeći parametri: visina reza, gubici nastali zbog povećanja visine reza, gubici pri utovaru i ujednačenost visine seckanja.

Prema mnogim autorima optimalna visina reza pri ubiranju silažnog kukuruza je 12 cm, a neodrezani deo iznad te visine predstavlja gubitak. Ispitujući uticaj brzine kretanja na visinu reza došli smo do podataka prikazanih u tabeli.

Tabela 1. Prosečni gubici biljne mase (trogodišnji prosek)

Mere varijacije	Radna brzina	Visina reza	Ubrano mase	Gubici mase				Ukupno ubrani prinos
				Pri ubiranju		Pri utovaru		
	km/h	cm	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha
X	4,07	18,57	29320	107,80	3,32	290,90	0,96	30328
Sx	0,12	0,53	513	82,20	0,27	23,20	0,07	512,70
Sd	0,46	2,07	1988	318,30	1,06	89,70	0,26	1985
Cv	11,31	11,15	6,78	31,58	31,76	30,84	27,66	6,55
Min	3,01	13,60	26468	287,00	0,91	134,00	0,49	27280
Max	5,13	21,00	32113	1469,00	5,15	423,00	1,41	33280

Kombajn je pri prosečnoj radnoj brzini od 4,07 km/h ostvario prosečnu visinu reza od 18,57 cm. Pri najmanjoj radnoj brzini od 3,01 km/h visina reza iznosila je 13,6 cm, dok je najveća visina reza bila pri brzini kretanja od 5,13 km/h.

Podaci u tabeli 2 ukazuju na korelacionu zavisnost između brzine kretanja i visine reza sa koeficijentom 0,700 i statističkom značajnošću na nivou od 1%.

Tabela 2. Međuzavisnost brzine kretanja, visine reza i gubitaka

Obeležja	r	Sr	t <sup>exp</sup>
Brzina/visina	0,700	0,198	3.536**
Visina/gubici	0,954	0,083	11056***

Y= 9,60 +2,05 (brzina i visina)

Gubici nastali zbog povećane visine reza, pri prosečnoj visini reza od 18,57 cm iznosili su 1007 kg/ha, odnosno 3,33% od ukupnog prinosa. Kod visine reza od 13,6 cm gubici su bili 287 kg/ha ili 0,94%. Sa najvećom ostvarenom visinom reza od 21 cm gubitak je iznosio 1469 kg/ha, odnosno 5,15% ukupnog prinosa.

Korelaciona povezanost između visine reza i gubitaka biomase je izražena koeficijentom 0,954 i visoko statističkom značajnošću od 1%.

Dругу kategoriju gubitaka čine gubici koji nastaju pri utovaru iseckanog materijala. Na veličinu ovih gubitaka pored konstrukcionog rešenja kombajna veliki uticaj ima pogodnost transportnog sredstva za prihvatanje ove vrste materijala.

U ovim istraživanjima za transport su korišćene kombinovane, standardne prikolice adaptirane za prihvatanje silaže. Prosečni gubici biomase pri utovaru su iznosili 290,9 kg odnosno 0,96%, a kretali su se od 134,00 do 432,00 kg/ha ili u procentima od 0,49-1,41% od ukupnog prinosa.

Kvantitativna i kvalitativna analiza pojedinih delova i cele biljke ispitivanih hibrida kukuruza ukazuje da donji deo biljke do 20 cm visine u voštanoj zrelosti sadrži 82,33-82,34% vode. To ukazuje da se realni gubici mogu bolje sagledati u metaboličkoj energiji.

*Tabela 3. Prosečni gubici pri ubiranju i utovaru i njihova metabolička energija*

G u b i c i								Ukupni prinos	
Pri ubiranju				Pri utovaru					
Biomase		Metaboličke energije		Biomase		Metaboličke energije		Biomase	Metaboličke energije
Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
1007.8	3.32	1763.6	1.94	290.9	0.96	872.7	0.96	3032.8	90984

Prosečni gubici na visini reza iznosili su 1007,8 kg/ha odnosno 3,32%, a u metaboličkoj energiji 1763,6 MJ/ha ili 1,94%. Gubici pri utovaru iznosili su 290,9 kg/ha, a u metaboličkoj energiji 872,7 MJ/ha ili 0,96%.

Prosečni ukupni gubici na visini reza i pri utovaru iznosili su 1298,7 kg/ha odnosno 4,29%, što iskazano kroz neto metaboličku energiju iznosi 2636,3 MJ/ha ili 2,90%.

Kombajn je u radu ostvario prosečnu dužinu seckanja 9,81 mm, sa standardnim odstupanjem 0,75 mm. Frakcija do 10 mm zastupljena je sa 69,87%, frakcija 11-20 mm sa 28,53%, a preko 20 mm sa 1,60%, što je prikazano u tabeli 4.

*Tabela 4. Prosečno ostvarene dužine seckanja i zastupljenost frakcija za podešenu dužinu od 10 mm*

Ostvarena dužina	$\bar{X} \pm$	Sx	Sd	Cv	min	max
Ostvarena srednja dužina u mm	9,81	0,19	0,75	7,61	5,00	21,14
Frakcija od 0-10 mm u %	69,87	1,43	5,55	7,95	59,00	78,00
Frakcija od 11-20 mm u %	28,53	1,23	4,76	16,70	22,00	38,00
Frakcija veća od 20 mm u %	1,60	0,48	1,84	115,24	0,00	5,00

Za ocenu proizvodnog kapaciteta kombajna pratili smo protok mase kroz kombajn u jedinici vremena - učinak u tonama na čas i hektara na čas što smo i prikazali u tabeli 5.

*Tabela 5. Protok mase i učinak kombajna*

Mera varijacije	Brzina km/h	Protok mase		Učinak ha/h
		kg/s	t/h	
X	4,08	7,24	26,06	0,86
Sx	0,12	0,26	0,94	0,03
Sd	0,44	1,00	3,62	0,11
Cv	11,28	0,14	13,89	12,79
min	3,01	5,55	19,98	0,64
max	5,13	9,40	33,84	1,17

Sa prosečnom radnom brzinom od 4,08 km/h, ostvaren je prosečan protok mase 7,24 kg/s, odnosno 26,06 t/h a izraženo u površini iznosi 0,86 ha /h. Najmanji protok mase od 5,55 kg/s odnosno 19,98 t/h i učinak od 0,64 ha/h ostvaren je pri radnoj brzini 3,01 km/h. Najveći protok mase od 9,40 kg/s i učinak od 1,17 ha/h ostvaren je sa radnom brzinom 5,13 km/h. Od fabrički projektovanog kapaciteta ostvareno je prosečno 32,57% sa variranjima od 23,85-42,30%.

## ZAKLJUČAK

Na osnovu trogodišnjih rezultata istraživanja, može se zaključiti, da ispitivani hibridi kukuruza u voštanoj zrelosti u donjem delu stabla visine do 20 cm sadrže 83,34% vlage i najmanje neto metabolitičke energije, svega 1,47 MJ/kg u odnosu na ostali deo biljke sa 3,53 MJ/kg.

Dobijeni rezultati pokazuju visoku korelacionu zavisnost između brzine kretanja i visine reza. Regresiona analiza ukazuje, da se povećanjem radne brzine za 1 km/h povećava visina reza za 2,05 cm.

Ova saznanja ukazuju da kombajniranjem ne treba ograničavati radnu brzinu zbog gubitaka na povećanu visinu reza. Povećanje visine reza sa 12-20 cm povećala bi se radna brzina, protok mase i učinak kombajna, a gubici u hranljivim materijama u neodrezanim delovima biljke bili beznačajni - zanemarljivi.

Gubici pri utovaru u velikoj meri zavise i od podobnosti transportnog sredstva za prihvatanje ove vrste materijala. Transportna sredstva moraju imati veliku zapreminu utovarnog prostora, jer su manji gubici pri utovaru i transportu, bolje se koristi nosivost transportnog sredstva i smanjuje njihov broj.

Ostvarenom dužinom seckanja kombajn je zadovoljio tehnološke zahteve jer podešenu dužinu seckanja od 10 mm ostvario je sa 69,87%. Od fabrički deklarisanog učinka kombajn je ostvario 32,57% sa variranjem od 23,85 do 42,30%.

## LITERATURA

- [1] Gašparac J. (1984): Rezultati ispitivanja samohodnog krmnog kombajna Agrostroj Toron SPS-35. Agrotehničar br.1 Zagreb.
- [2] Ištvan P. (1974): Upotreba koncentrovane silaže u tovu goveda. Dokumentacija za tehnologiju i tehniku u poljoprivredi br. 5-6. Beograd.
- [3] Haferat A., Harms H.H. (2002): Coping procedure in the silage. Landtechnnik 2/2002. pp 106-107.
- [4] Hale H.H. (1999): Harvester and transport as a parallel process. Landtechnnik 5/99 pp. 172-173.
- [5] Harouna Maiga (2007): Corn silage harvest managment. [www.ork.umn.edu/academics/agri](http://www.ork.umn.edu/academics/agri).
- [6] Howe S. (1977): Silage sistema copared. Power farming IV.
- [7] Koprivica R., Stevović V., Stanimirović N., Terzić D. (2007): Use of Fortschritt E-281 C self propelled harvester in grass ensiling. Acta agriculturae Serbika Vol.XII.23. pp 69-75. Čačak.
- [8] Lulo M., Popović I. (1968): Eksploataciona svojstva krmnog kombajna New Holand 818. Poljoprivredni preglad XVI, br.11-12. Sarajevo.

- [9] Milojević B. (1980): Najprikladnija linija mašina za ubiranje silažnog kukuruza na krupnim gazdinstvima. Doktorska disertacija. Novi Sad.
- [10] Novaković D., Božić S., Radivojević D. (1984): Mogućnosti spremanja silaže samohodnim kombajnom Fortschritt E-281 u brdskom području. Poljoprivredna tehnika. Godina XIX 1983/1984. Beograd.
- [11] Popović Ž. (1984): Prvi domaći samohodni silažni kombajn. Agrotehničar br.1/1. Zagreb.
- [12] Tanevski D. (1986): Proučavanje na radnitate efekti i potrošivačka na energija na linijata mašini za pribiranje, transport i podgotvuvavanje na kabasta hrana za goveda. Doktorska disertacija. Skopje.

Rezultati istraživačkog rada nastali su zahvaljujući finansiranju Ministarstva za nauku  
Republike Srbije, Projekat broj 20012 - TR

## WORK QUALITY OF SILAGE HARVESTER FORTSHRITTE-286

Nebojša Stanimirović<sup>\*</sup>, Ranko Koprivica, Biljana Veljković<sup>\*\*</sup>,  
Goran Topisirović<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Poljoprivredni fakultet Priština - Zubin potok

<sup>\*\*</sup>Agronomski fakultet - Čačak

<sup>\*\*\*</sup>Poljoprivredni fakultet - Beograd

**Abstract:** Results of quantitative and qualitative maize plants analysis were presented in the paper. Analyzed maize plants were cut and chopped by hand, into pieces of app. 5 mm. In every separate sample plant part content of dry matter was measured. By qualitative analysis was determined the content of crude proteins, crude fats, crude cellulose and crude ash, and the values of BEM and metabolic net energy were calculated. Besides, additionally were conducted measurements of: plant height, stalk thickness, cob height, plants number, yield per hectare, moving speed, cut height, time duration of trailer loading, trailer weight and harvester efficiency. Apart of those, losses of chopped material during the trailer loading were measured.

Examined maize hybrids contained, in the stalk up to the height of 20 cm, 83,34% moisture and less metabolic energy, only 1,47 MJ/kg, compared to the rest of the plant with 3,53 MJ/kg. High correlation dependency between moving speed and cutting height was found. It was concluded that, during the harvesting, is not necessary to limit the working speed because of losses caused by increased cutting height. Increased cutting height from 12 to 20 cm would cause increment of the working speed, mass flow and harvester efficiency. Transport trailers must have large volume of transport space because of lower transport and loading losses. The chopping length that harvester achieved has fulfilled the technological requirements.

**Key words:** *silage, silage maize, contents, losses, metabolic energy, silage harvester, transport.*